

ВАСКУЛАРНЕ МАКРОФИТЕ У ФУНКЦИЈИ ПРЕЧИШЋАВАЊА ОТПАДНИХ КОМУНАЛНИХ ВОДА - МЕТОДА CONSTRUCTED WETLAND SYSTEMS (МОКРА ПОЉА, БИОПОЉА)

Слободанка Стојановић, А. Кнежевић, Љиљана Николић, Дејана Лазић

Пољопривредни факултет, Департман за ратарство и повртарство, Нови Сад

Abstract

STOJANOVIĆ, Slobodanka, A. KNEŽEVIĆ, Ljiljana NIKOLIĆ, Dejana LAZIĆ: ROLE OF VASCULAR MACROPHYTES IN MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT THROUGH A CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM. *Skup 2*: 201-208. [Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable Crops, Novi Sad].

The first biological system for wastewater treatment in Serbia, „Mokra polja”, was constructed in the village of Gložan near Novi Sad in 2004. It covers an area of 1 ha and it comprises three basins. This biological and ecological treatment system exploits the capacity of semiaquatic plants to take up, accumulate and degrade different substances from substrate and water while concurrently creating, thanks to their aerenchyma, favorable conditions for aerobic microorganisms in the zone of underground shoots and the root system (rhizosphere) to assist the process of wastewater treatment. This paper compares the status of vascular flora and vegetation before „Mokra polja” system was put in operation in 2004 with that encountered after one year of operation (2005). Regarding the floristic and vegetation aspect, the analyzed stands in the basins of „Mokra polja” system exhibited considerable similarities demonstrated through significant presence of common species (25), among which *Phragmites communis* played the dominant role. Forty plant species were registered in 2004, 18 in basin I, and 19 in each basin II and III. Thirty-four species were registered in 2005, 19 in basin I, 24 in basin II and 21 in basin III. The analysis of chorologic spectrum showed that the main characteristic of all these groups was cosmopolitanism. The presence of adventive plants was significant. Regarding life forms, cryptophytes formed a numerous group, however, therophytes were represented in significant numbers, followed by hemicryptophytes.

Key words: vascular macrophytes, constructed wetland systems, flora, vegetation.

Сажетак

Комплекси природних или вештачких мочвара (мокра поља, биопоља, constructed wetland system, constructed wetlandas) користе се у систему пречишћавања отпадних вода широм света, а од 2004. године и код нас у околини Новог Сада, у насељу Гложан. Овакав систем примене емерзне вегетације пружа значајне резултате када је у питању пречишћавање комуналне санитарне отпадне воде као и других типова отпадних вода. Разлог томе је што васкуларне макрофите имају вишеструку позитивну улогу. Одличан су фитофилтер за штетне материје, захваљујући особини да честице наталожене на њиховој површини могу да акумулишу у себе и у току метаболизма разграде. Незаменљиви су фитосанатори, јер као “биосунђер” - “биоакумулатор” из воде извлаче токсичне соли, метале, пестициде, феноле и друга једињења. Ова особина фитофилтрације је од пресудног практичног значаја, јер показује више позитивних ефеката од примене механичких и физичко-хемијских метода пречишћавања градских и индустријских вода. Није занемарљиво ни бактерицидно, антитермичко и антиерозивно дејство водених макрофита и високих емерзних биљака. У раду се приказују резултати рецентног стања васкуларне флоре и вегетације пре

упуштања отпадних санитарних вода на комплексу Мокра поља (2004) и након годину дана експлоатације (2005). Резултати ових флористичко-фитоценолошких истраживања, која укључују и еколошка испитивања, представљају основу за биолошки и еколошки хидромониторинг, што подразумева систематско, упоредно и трајно праћење основних биолошких, еколошких и хидрохемијских показатеља у циљу прогнозе тока сукцесија.

Кључне речи: васкуларне макрофите, мокра поља, флора, вегетација.

УВОД

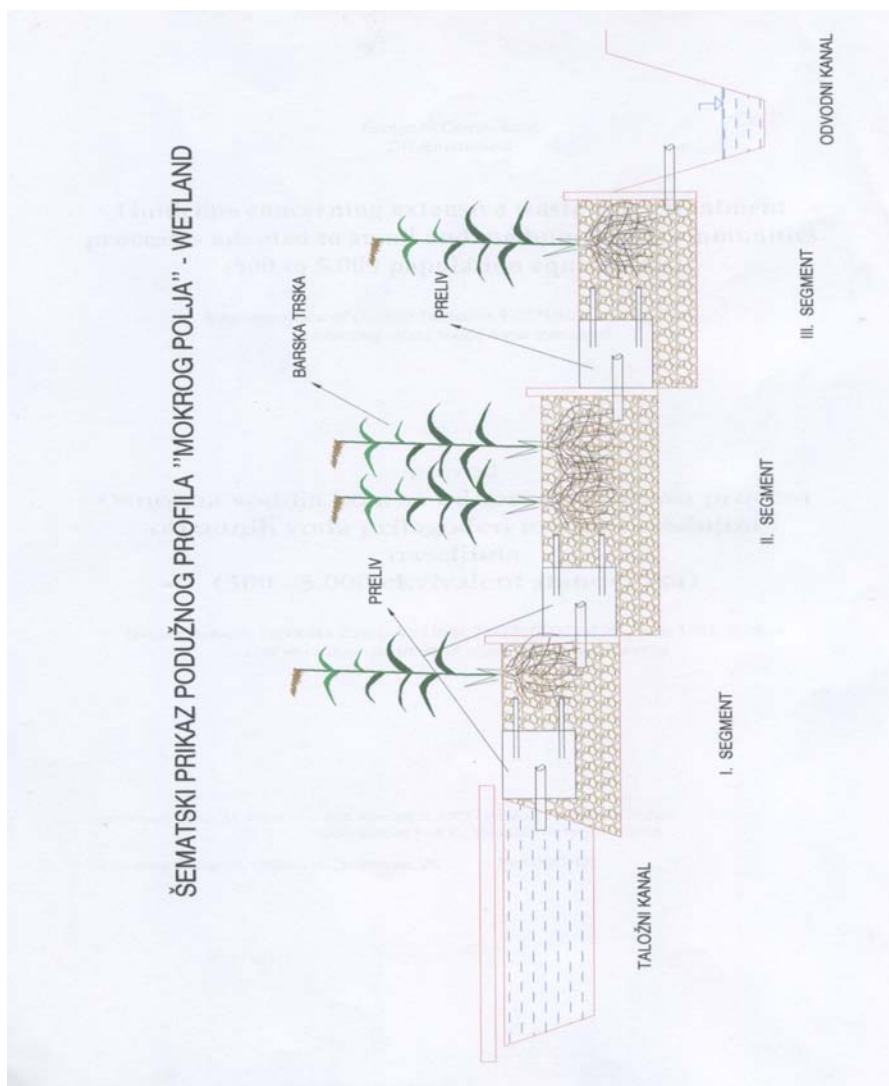
У оквиру пилот пројекта “Пречишћавање комуналних отпадних санитарних вода методом Мокра поља”, постављеном у околини Новог Сада у Гложану, формиран је први биолошки пречистач отпадних вода, који за реципијент има реку Дунав. Према предвиђеном програму истакнут је биомониторинг, који подразумева систематско праћење биолошких, еколошких, хидрохемијских, хидрофизичких и других показатеља, од којих су посебно значајни биоиндикатори, који својим присуством или одсуством указују на стања и промене у природи, јер је њихов опстанак еколошки одговор на комплекс основних фактора у сваком екосистему. Применом биолошких и еколошких метода праћене су промене у састојинама биљног покривача пре упуштања комуналних отпадних санитарних вода у Мокро поље (2004) и након годину дана експлоатације (2005). Резултати ових проучавања приказују се у раду, и обухватају анализу рецентног стања флоре и вегетације, процентуалну заступљеност флорних елемената и животних форми биљака.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Флористичко-фитоценолошка проучавања и сакупљање биљног материјала на сегментима која чине »Мокра поља« обављена су у вегетационом периоду 2004. и 2005. године. Сакупљен биљни материјал детерминисан је по Јосифовић-у (1970-1977), Felföldy (1990) и Javorka, Csapody (1975). Флорни елементи дати су према Гајић-у (1980), а животне форме према Соб (1964-1985). Фитоценолошко снимање вегетације урађено је према стандардној средњеевропској методи Braun-Blanquet-а (1964).

Коришћење методе “Мокра поља” за пречишћавање комуналних отпадних санитарних вода, пре испуштања у водоток, почело је у Енглеској, крајем седамдесетих и почетком осамдесетих година. Данас, ова метода се примењује у свету у различитом обиму (Европа, САД, Аустралија, Индија, итд.), а од наших суседа у Словенији од 1988. године и Хрватској од 1998. године. Суштина ове методе је искоришћавање способности семиакватичних биљака (које само доње делове тела имају у води) да усвајају, акумулирају и разграђују различите материје из подлоге и воде, а да, истовремено, захваљујући аеренхиму (ткиво за магационирање ваздуха, првенствено кисеоника), омогућавају живот аеробним микроорганизмима у зони подземних изданака и кореновог система - ризосфера (Стојановић et al., 2005). Аеробни микроорганизми, такође, имају велику улогу у процесима разградње отпадних материја у води и подлози. Развој екотехнологије биопоља био је постепен од природних мочвара са доминацијом трске, преко вештачких поља са хоризонталним или вертикалним током, односно комбинованим системом. Према имплементацији Директиве Европске Уније 91/271/ЕЕС од 21. маја 1991. године, која се односи на третман отпадних вода из насеља, даје се предност методама „Мокрих поља“. Уређај „Мокрих поља“ у Гложану, површине од 1 ha, састоји се од три посебно конструисана сегмента (Слика 1).

Слика 1.



РЕЗУЛТАТИ РАДА И ДИСКУСИЈА

У флористичком и вегетацијском погледу, испитиване састојине сегмената “Мокрих поља” показују велику сличност (Фит. Таб 1 и 2), што се огледа у значајном присуству заједничких врста (25 таксона). 2004. године, укупно је констатовано 40 биљних врста, а 2005. године, 34 биљне врсте. Поређењем флористичке структуре састојина у 2004. години констатовано је 15 диференцијалних врста, а 2005. године 9 диференцијалних врста.

У 2004. години у I сегменту “Мокрих поља” присутно је 18 биљних врста, у II и III сегменту по 19 биљних врста. У 2005. години, у I сегменту “Мокрих поља”, констатовано је 19 биљних врста, у II сегменту 24, а у III 21 биљна врста.

Фитоценолошка табела 1. - БИЉНИ ПОКРИВАЧ ФОРМИРАН НА СЕГМЕНТИМА

»МОКРА ПОЉА« ГЛОЖАН 2004. ГОДИНЕ

Број сегмента			I	II	III
Величина пробне површине (м ²)			25	25	25
Општа покривност биљног покривача (%)			100	95	95
Флорни елемент	Животна форма	Биљна врста			
Kosm.	HH	<i>Phragmites communis</i> Trin.	5.5	5.5	5.5
Subevr.	G	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1.1	2.2	1.1
Subse.	H	<i>Symphytum officinale</i> L.	1.1	+	1.1
Adv.	H	<i>Aster salignus</i> Willd.	1.1	2.2	1.1
Kosm.	Th (-H)	<i>Datura stramonium</i> L.	1.1		+
Adv.	H	<i>Solidago serotina</i> Aiton.	2.2		
Subevr.	Th	<i>Sinapis arvensis</i> L.	+		
Subse.	H	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	1.1	1.1	
Evr.	H	<i>Sonchus arvensis</i> L.	+		
Subjsib.	H-N	<i>Rubus caesius</i> L.	+	+	
Kosm.	Th-TH	<i>Stellaria media</i> L.	1.1		
Kosm.	H-G	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	+		2.2
Subevr.	Th	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.B.	+		
Adv.	Th	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	+		
Adv.	Th-TH	<i>Erigeron canadensis</i> L.	1.1		
Subevr.	HH	<i>Lycopus europaeus</i> L.	+		1.1
Cirk.	H	<i>Stachys palustris</i> L.	+	+	+
Adv.	Th	<i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) Torr. et Gray	1.1		
Kosm.	Th	<i>Panicum crus-galli</i> (L.) P.B.		5.5	
Adv.	Th	<i>Panicum capillare</i> L.		1.1	
Adv.	Th	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.		1.1	
Kosm.	Th	<i>Chenopodium album</i> L.		1.1	
Adv.	Th	<i>Stenactis annua</i> (L.) Nees.		+	
Adv.	Th	<i>Xanthium strumarium</i> L.		+	
Adv.	Th.	<i>Xanthium italicum</i> Mor.		2.2	
Subpont-subca-subm.	Th	<i>Lactuca serriola</i> L.			
Subm.	TH-Th	<i>Helminthia echioides</i> (L.) Gärtn.		+	
Adv.	Th	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.		+	
Subm.	M	<i>Galega officinalis</i> L.		+	
Adv.	Th	<i>Abutilon theophrastii</i> Medik.			5.5
Cirk.	H (G)	<i>Mentha arvensis</i> L.			2.2
Subse.	H-HH	<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.			1.1
Subcirk.	Th	<i>Polygonum lapathifolium</i> L.			1.1
Evr.	H	<i>Urtica dioica</i> L.			2.2
Subm.	H	<i>Parietaria officinalis</i> Mert. et Koch			+
Subm.	H (G)	<i>Aristolochia clematitis</i> L.			+
Adv.	G (H)	<i>Armoracia lapathifolia</i> Gilib.			+
Evr.	Th-TH	<i>Leonurus marrubiastrum</i> L.			+
Subse.	TH-H	<i>Innula britannica</i> L.			+1
Subevr.	Th	<i>Pulicaria vulgaris</i> Gaert.			+1

I СЕГМЕНТ (18 ТАКСОНА) ; II СЕГМЕНТ (19 ТАКСОНА); III СЕГМЕНТ (19 ТАКСОНА)

Фитоценолошка табела 2. - БИЉНИ ПОКРИВАЧ ФОРМИРАН НА СЕГМЕНТИМА

»МОКРА ПОЉА« ГЛОЖАН 2005. ГОДИНЕ

Број сегмента		I	II	III
Величина пробне површине (м ²)		25	25	25
Општа покривност биљног покривача (%)		100	100	100

Флорни елемент	Животна форма	Биљна врста			
Kosm.	HH	<i>Phragmites communis</i> Trin.	5.5	5.5	5.5
Subevr.	HH	<i>Lycopus europaeus</i> L.	3.3	+	1.1
Subcirk.	Th	<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	3.3	+1	+
Cirk.	H	<i>Stachys palustris</i> L.	2.2	+	+1
Adv.	Th	<i>Echinocystis lobata</i> (Michx.)Torr. et Gray	2.2		+1
Adv.	H	<i>Aster salignus</i> Willd.	2.2	4.3	2.2
Subse.	H	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	2.2	3.3	+1
Evr.	H	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	2.2		1.1
Adv.	Th	<i>Abutilon theophrastii</i> Medik.	1.1		+1
Subevr.	G	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	+1	2.2	1.1
Evr.	H	<i>Sonchus arvensis</i> L.	+1	+	+
Subevr.	Ch (N)	<i>Solanum dulcamara</i> L.	+1		
Subse.	H	<i>Symphytum officinale</i> L.	+	+	1.1
Evr.	HH	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	+		
Subse.	H	<i>Lysimachia nummularia</i> L.			
Adv.	H	<i>Solidago serotina</i> Aiton.		1.1	2.2
Subjsib.	H-N	<i>Rubus caesius</i> L.		3.3	1.1
Kosm.	Th-TH	<i>Stellaria media</i> L.		+1	1.1
Subevr.	Th	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.B.		+1	
Subevr.	H-HH	<i>Epilobium hirsutum</i> L.		+	+
Adv.	Th	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.			+
Adv.	Th-TH	<i>Erigeron canadensis</i> L.		2.1	
Kosm.	Th	<i>Panicum crus-galli</i> (L.) P.B.	+	1.1	
Adv.	Th	<i>Panicum capillare</i> L.	+	1.1	
Subevr.	Th	<i>Daucus carota</i> L.	+		
Adv.	Th	<i>Stenactis annua</i> (L.) Nees.		+1	+
Adv.	Th	<i>Xanthium strumarium</i> L.		+	
Adv.	Th	<i>Xanthium italicum</i> Mor.		+	
Subm.	M	<i>Galega officinalis</i> L.		+	
Subse.	H-HH	<i>Rumex hydrolypatum</i> Huds.			+
Evr.	H	<i>Urtica dioica</i> L.		1.1	
Evr.	H	<i>Glechoma hederacea</i> L.		4.4	
Subse.	TH	<i>Carduus acanthoides</i> L.			1.1
Subse.	TH-H	<i>Innula britanica</i> L.		1.1	+1

I СЕГМЕНТ (19 ТАКСОНА); II СЕГМЕНТ (24 ТАКСОНА); III СЕГМЕНТ (21 ТАКСОН)

О екологији испитиваних састојина формираних на сегментима “Мокрих поља” може се судити на основу процентуалне заступљености флорних елемената (Таб. 1), који указују да је основна карактеристика ових групација космополитизам. Многе врсте припадају космополитском флорном елементу, међу којима се истиче доминантна биљна врста *Phragmites communis*, а затим *Stellaria media*, *Panicum crus-galli*, *Datura stramonium*, *Convolvulus arvensis*, итд. Разлог томе је јак утицај антропогеног фактора, што потврђује и присуство бројних адвентивних биљака (*Abutilon theophrasti*, *Aster salignus*, *Solidago serotina*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Erigeron canadensis*, *Echinocystis lobata*, итд.), као последица значајног утицаја човека на структуру биљног покривача. На извесне црте континенталности климе подручја указује релативно велико учешће субевроазијског и субсредњеевропског флорног елемента.

Табела 1. Спектри ареалтипова састојина формираних на сегментима “Мокра поља” насеља Гложан

Сегменти	I		II		III	
	2004.	2005.	2004.	2005.	2004.	2005.
Процентуално учешће	%	%	%	%	%	%
ФЛОРНИ ЕЛЕМЕНТ						
Космополитски	22,22	10,53	21,05	12,50	15,79	9,52
Субевроазијски	22,22	21,05	5,26	16,70	15,79	14,28
Субсредњеевропски	11,11	15,79	10,53	12,50	15,79	23,80
Адвентивни	27,77	21,05	36,84	29,20	15,79	28,57
Евроазијски	5,55	15,79	-	12,50	10,53	9,52
Субјужносибирски	5,55	5,26	5,26	4,17	-	4,76
Циркумполарни	5,55	5,26	5,26	4,17	10,53	4,76
Субпонтско- субцентралноазијско- субмедитерански	-	-	5,26	-	-	-
Субциркумполарни	-	5,26	-	4,17	5,26	4,76
Субмедитерански	-	-	10,53	4,17	10,53	-

Потпунију слику о синеколошким одликама испитиваних састојина пружају и њихови биолошки спектри, који су одраз еколошких услова станишта (Таб. 2). Они такође указују на снажан утицај антропогеног фактора и на извесне црте континенталности климе.

Табела 2. Биолошки спектри састојина формираних на сегментима ”Мокра поља” насеља Гложан

Сегменти	I		II		III	
	2004.	2005.	2004.	2005.	2004.	2005.
Процентуално учешће	%	%	%	%	%	%
Животна форма						
Hydatophyta – Helophyta HH	11,11	15,8	5,26	8,3	10,53	9,52
Hemikryptophyta – Hydatophyta -Helophyta H-HH	-	-	-	4,16	5,26	9,92
Hemikryptophyta H	33,33	36,84	21,05	33,30	26,31	33,33
Hemikryptophyta – nanophanerophyta H-N	5,55	5,26	5,26	4,16	-	4,76
Hemikryptophyta – geophyta H-G	5,55	-	-	-	5,26	-
Hemikryptophyta – (geophyta) H (G)	-	-	-	-	10,53	-
Geophyta G	5,55	5,26	5,26	4,16	5,26	4,76
Geophyta (Hemikryptophyta) G(H)	-	-	-	-	5,26	-
Therophyta Th	22,22	31,58	47,37	29,16	15,79	23,81
Therophyta (Hemikryptophyta) Th (H)	5,55	-	5,26	-	5,26	-
Therophyta	11,11	-	-	8,33	5,26	4,76

Сегменти	I		II		III	
	2004.	2005.	2004.	2005.	2004.	2005.
Процентуално учешће	%	%	%	%	%	%
Животна форма						
(Hemitherophyta) Th – TH						
Hemitherophyta TH	-	-	-	-	-	4,76
Hemitherophyta - Therophyta TH – Th	-	-	5,26	-	-	-
Hemitherophyta (Hemikryptophyta) TH-H	-	-	-	4,16	5,26	4,76
Chamaephyta (nanophanerophyta) Ch(N)	-	5,26	-	-	-	-
Mikrophyta (M)	-	-	5,26	4,16	-	-

Анализирајући спектар животних форми биљака, запажа се велика заступљеност терофита, односно једногодишњих зељастих биљака које брзо завршавају животни циклус у оптималним условима средине, а неповољан период године преживљавају само у облику семена, односно плодова. Присутне криптофите чине бројну еколошку групу биљака, чији надземни зељасте органи у потпуности изумиру, а пупољци се налазе на подземним органима, и то на знатној дубини. У земљишту код геофита, у муљу код хелофита, а у води код хидрофита, све оне углавном презимљују помоћу ризома или коренских кртола. На подручју биопоља, повољне услове за живот, налазе и бројне хемикриптофите. То су биљке код којих надземни зељасте делови преко зиме изумиру, али пупољци, из којих следеће године настају нови изданци, остају, и то при основи стабла сасвим уз подлогу (на самој површини земље), на подземним стаблима или коренима. Према томе, пупољци ових биљака су врло близу површине земље, и они су зими заштићени од хладноће и сушења надземним изумрлим деловима, па чак и са врло танким снежним покривачем. Већина биљака умерене зоне припада хемикриптофитама.

ЗАКЉУЧАК

Резултати анализе структуре биљног покривача који се развија на сегментима “Мокра поља” у насељу Гложан, показују да:

- у флористичко-вегетацијском погледу испитиване састојине показују велику сличност, што се огледа у значајном присуству заједничких врста (25), међу којима доминантну улогу има *Phragmites communis*.

- 2004. године укупно је констатовано 40 биљних врста, од тог броја у I сегменту “Мокрих поља” присутно је 18 биљних врста, у II и III сегменту по 19 биљних врста.

- 2005. године констатовано је 34 биљне врсте. Од тог броја у I сегменту “Мокрих поља” констатовано је 19 биљних врста, у II сегменту 24, а у III 21 биљна врста.

- Анализа спектра ареалтипова указује да је основна карактеристика ових групација космополитизам. Значајно је присуство и адвентивних биљака.

- Од животних форми биљака најбројније су терофите, а затим хемикриптофите.

- Све наведено је у складу са јаким утицајем антропогеног фактора и континенталности климе испитиваног подручја.

ЛИТЕРАТУРА

1. Braun-Blanquet, J: Pflanzensoziologie, III, Auflage, 1-856, Wien, New York, 1964.

2. Felföldy, L.: Visugyi hidrobiologia 18-Kotet-Hinar haterarazo Korniezetveldelmi es Teruletfejlestesi Miniszterium, 1-144, Budapest, 1990.
3. Гајић, М.: Преглед врста флоре СР Србије са биљногеографским ознакама. Гласник Шумарског факултета, сер.А, "Шумарство", 54: 111-141, Београд, 1980.
4. Jávorka, S., V. Csapody: Icanographie der Flora des Südostlichen Mitteleuropa. Akademiai Kiado, Budapest, 1975.
5. Јосифовић, М. (ед.): Флора СР Србије, I-IX, Српска Академија наука и уметности, Београд, 1970-1977.
6. Sób, R.: A magyar flóra és vegetáció rendszeretani novényfoldrajzi kézikönyve I-VII, Akadémiai kiadó, Budapest, 1964-1985.
7. Стојановић, С., А. Белић, Љ. Николић, Ј. Јосимов-Дунђерски.: Рецентно стање васкуларне флоре и вегетације биопоља "Гложан" – база за еколошки мониторинг. Мелиорације у одрживој пољопривреди, тематски зборник радова, Пољопривредни факултет, 82-89, Нови Сад, 2005.

Примљено: 10.1.2005.

Одобрено: 10.7.2006.